

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-168373

(43)Date of publication of application : 22.07.1991

(51)Int.Cl.

F04B 43/04  
F04B 49/06  
H02N 2/00

(21)Application number : 01-303372

(71)Applicant : NIPPON KEIKI SEISAKUSHO:KK

(22)Date of filing : 24.11.1989

(72)Inventor : NARUSE REIZO  
SHIMIZU TERUO  
NAKAMURA SATOSHI  
IGAWA HIROYUKI

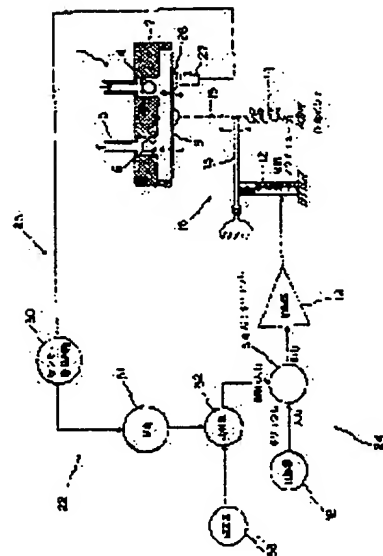
## (54) PIEZOELECTRIC PUMP CONTROL DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To always stably and accurately control the quantity of discharge by directly detecting the mechanical vibration of the moving part of a piezoelectric pump by means of a displacement sensor, and converting this into a d.c. voltage for comparing this with a reference voltage, and on the basis of the result of comparison, by controlling the intensity of the a.c. signal for driving a movable part.

**CONSTITUTION:** The a.c. signal from an oscillator 18 passes through an electronic volume 34, and is amplified by an amplifier 19, and then this is converted into mechanical vibration by a piezoelectric actuator 12, and the displacement of the mechanical vibration is enlarged by an enlarging mechanism 16. The mechanism 16

vibrates a diaphragm 9 to forcibly feed the fluid from a piezoelectric pump 1. When the reactive pressure of a forcibly feeding device changes with the lapse of time, the vibration of the diaphragm 9 also changes. A change sensor 27 senses the vibration of a steel plate 28 being vibrated together with the diaphragm 9, and outputs an electric signal. This signal is detected by the detection part of a sensor driving part 30, and is compared with a reference



Best Available Copy

voltage by means of a comparator 32. On the basis of the comparison result, the electronic volume 34 controls the intensity of the a.c. signal, thus, the amplitude of the mechanism 16, or the diaphragm 9 can be controlled.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-168373

⑬ Int. Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)7月22日

F 04 B 43/04  
49/08  
H 02 N 2/00

3 1 1

B 2125-3H  
8811-3H  
B 7052-5H

審査請求 未請求 請求項の数 9 (全9頁)

⑯ 発明の名称 圧電ポンプ制御装置

⑰ 特 願 平1-303372

⑱ 出 願 平1(1989)11月24日

⑲ 発 明 者 成 瀬 礼 三 東京都大田区南久が原1丁目13番6号 株式会社日本計器製作所内

⑲ 発 明 者 清水 輝 夫 東京都大田区南久が原1丁目13番6号 株式会社日本計器製作所内

⑲ 発 明 者 中 村 聡 東京都大田区南久が原1丁目13番6号 株式会社日本計器製作所内

⑲ 発 明 者 井 川 博 之 東京都大田区南久が原1丁目13番6号 株式会社日本計器製作所内

⑲ 出 願 人 株式会社日本計器製作所 東京都大田区南久が原1丁目13番6号

⑲ 代 理 人 弁理士 中川 邦雄

## 明細書

1. 発明の名称 圧電ポンプ制御装置

2. 特許請求の範囲

1 交流信号を発生する発振部と、この交流信号を機械振動に変換する可動部と、この振動により流体を圧送する圧電ポンプであって、前記可動部の近傍に設けられて振動を感知し変位信号を出力する検出部と、この変位信号と予め定めた基準信号とを比較する比較部と、この比較結果に基づき前記交流信号の強度を制御する制御部とを備えたことを特徴とする圧電ポンプ制御装置。

2 前記変位信号が前記基準信号より大きければ、前記制御部は前記交流信号強度を弱め、これらが等しければ、該強度を現状維持させ、小さければ、該強度を強めるようにしたことを特徴とする請求項1記載の圧電ポンプ制御装置

3 前記可動部が振動するダイヤフラムであることを特徴とする請求項1記載の圧電ポンプ制御装置

4 前記可動部が電気信号で振動する圧電素子であ

ることを特徴とする請求項1記載の圧電ポンプ制御装置。

5 前記可動部が前記圧電素子と、この圧電素子により駆動されるダイヤフラムとからなることを特徴とする請求項1記載の圧電ポンプ制御装置。

6 前記可動部が電気信号で振動するバイモルフ型の圧電アクチュエータであることを特徴とする請求項1記載の圧電ポンプ制御装置。

7 前記検出部が差動トランスであることを特徴とする請求項1記載の圧電ポンプ制御装置。

8 前記検出部が圧センサーであることを特徴とする請求項1記載の圧電ポンプ制御装置。

9 前記検出部が前記可動部に固定した基板と、この基板の振動により駆動される高周波共振回路と、共振波を検出する検波部とからなることを特徴とする請求項1記載の圧電ポンプ制御装置。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

産業上の利用分野

本発明は、液体・気体等を圧送する圧電ポンプの

## 特開平3-168373 (2)

制御装置に関する発明である。

従来の技術

従来は、第9図に示すように、圧電ポンプはポンプ1と駆動部2とからなり、ポンプ1には吸入口3に逆止弁4を、吐出口5に別の逆止弁6をそれぞれ設けている。

ポンプ1は、更に、固定部のハウジング7と可動部のダイヤフラム9を備えている。

前記駆動部2は、駆動回路11と、電気信号を機械的変位に変換する圧電アクチュエータ12及び剛性係数のデコ13とスプリング14とダイヤフラム9とを連結する板バネ15とかうなる拡大機構16とにより構成されている。

駆動回路11は、発振器18と増幅器19とからなり、発振器18で発生した所定周波数の交流信号は、増幅器19で振幅増幅される。

吐出口6には、流量センサー20と圧力センサー21が設けられ、これらの検出信号は制御回路23に入与えられている。制御回路23は、所定の演算に基づき発振器18の振動数や増幅器19の増

幅により、出力信号は $(f, V) \rightarrow (f1, V1)$ に修正され、この信号 $H(f1, V1)$ が目標流量 $Q$ を与えるように動作する。

しかしながら、従来では流量と液体圧の変動に基づいて発振器18と増幅器19とを制御しているので、ダイヤフラム9の修正信号を $(f1, V1)$ に変更するまでに遅れ(タイムラグ)が生じる。従って、流量 $Q$ の変化量 $\Delta Q1$ のとき出力信号 $(f1, V1)$ にしたが、その結果が現れる前に、吐出側の環境の変化により変化量 $\Delta Q2$ になる場合が多々ある。

本来 $\Delta Q1$ を修正するために行った出力信号 $(f1, V1)$ が、遅れのための変化量 $\Delta Q2$ のとき動作し、正確な流量調整ができなくなってしまうことになる。

特に小型で高圧性の圧電ポンプでは、流量不足になったり、逆に流量過剰になったりして流量が不安定になってしまう場合があった。

この発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、取扱い液体の粘度や圧送先の状況変化等による外

乱を抑制するものである。

本発明が解決しようとする課題

第9図に示した従来の圧電ポンプにあっては、予め定められた周波数 $f$ 、の信号を発振器18より発生し、この信号を増幅器19で増幅する。

そして、周波数 $f$ 、振幅 $V$ 、の交流信号を拡大機構16に入力、ポンプ部1を駆動し、液体を圧送する。

目標流量 $Q$ 、について、駆動回路11の出力信号を $(f, V)$ とすると、ここで発振周波数 $f$ 、振幅電圧 $V$ 、である拡大機構16により機械振動に変換された振動 $(f1, V1)$ は、始動時に流量 $Q$ 、を吐出させる。

従って、流量 $Q$ 、は、常に流量センサー20及び圧力センサー21でモニターされ制御回路23に伝えられる。時間が経過すると吐出側の負荷が増大することによりダイヤフラム9の振動数が弱められて流量が $Q$ 、 $-Q$ 、 $+Q1$ と変化する。

制御回路は、この変化量 $\Delta Q1$ を減少させる演算を行い、発振器18と増幅器19を制御する。こ

れに直ちに反応して、常に安定して正確に流量の制御できる圧電ポンプを提供することを目的としている。

【発明の構成】

課題を解決するための手段

本発明においては、第1図に示すように、ポンプ1の可動部のダイヤフラム9に鉄板28を固着し、この鉄板28の機械的振動を検知する検出部の変位センサー27を鉄板28に対向して設ける。

検出部に変位センサー27に高周波を与えるセンサー駆動部30と、第2図に示すようにセンサー駆動部30に検波回路36を設けた。

また、この検波回路36の出力設定器33で定められた基準電圧とを比較する比較器32と、この比較結果信号により発振器18から出力される交流信号の振幅を制御する電子ボリューム34と、この電子ボリューム34の出力信号により機械振動する圧電アクチュエータ12と、機械振動の振幅を拡大する拡大機構16と、拡大機構に連結されて振動させられる前記ダイヤフラム9を備える。

## 特開平3-168373 (3)

## 作用

第1、2図に従って動作を説明する。

発振器18から出力される交流信号は、ポリウム34を通り、増幅器19で増幅され、圧電アクチュエータ12で機械振動に変換され拡大機構16で機械振動の変位が拡大される。

拡大機構16は、ダイヤフラム9を振動させてポンプ1から流体が圧送される。圧送先の反圧力が時間の経過とともに変化すると、ダイヤフラム9の振動にも変化が生じる。変位センサー27は、ダイヤフラム9と共に振動する鉄板28の振動を感じ電気信号を出力する。この電気信号はセンサー駆動部30の検波部で、検波され比較器32に入力される。

比較器で予め設定器33で定めた基準電圧とこの検波信号と比較する。

この検波信号はダイヤフラム9の振幅に比例した直流信号となっている。一方電子ポリウム34は、そこを通過する交流信号の強度を制御するので、比較結果に基づいて通過する。交流信号を減少、

前記駆動部22は、駆動回路24と拡大機構16と制御回路25とから構成されている。

拡大機構16は、電気信号を機械的変位に変換する圧電アクチュエータ12と、この変位を拡大するテコ13と、テコ13の先端に係止されたニール状スプリング14と、一端が前記ダイヤフラム9に連絡され、他端がテコ13の先端に連結される板バネ15とから構成されている。

制御回路25は、ダイヤフラム9に固着された鉄板28、この鉄板28の動きを検出する変位センサー27と、センサー駆動回路30と、整調回路31と比較器32と、設定器33とから構成されている。

鉄板28は、ダイヤフラム9の外面に、ダイヤフラム9の振動に影響を与えないほど小さい面積で平坦のものであり、変位センサー27との距離は鉄板28の振動を妨げない範囲で十分接近している。

前記駆動回路24は、交流信号を発生する発振器18と、比較器32の出力信号により制御される

増幅器、増大させる。この制御された交流信号により拡大機構16の振幅が制御され、ダイヤフラム9の振幅も制御される。

負荷の変動によりダイヤフラム9の振幅が減少しようとした場合は交流信号を増大させ、同一の場合は、維持させ、振幅が増大しようとした場合は交流信号を減少させる。

ダイヤフラム9の振幅がポンプ1の圧送量を決定するので、ダイヤフラム9の振幅を負荷の変化に拘らず一定にすることにより、圧送量を安定して定常化できる。

## 実施例

以下に本発明を図面に従って詳細に説明する。

第1図は、フロッグ方式の第1実施例を示す図面であり、本発明の圧送ポンプはポンプ1と駆動部22とから構成されている。

前記ポンプ1は、吸入口3に逆止弁4を、吐出口5に別の逆止弁6をそれぞれ設け、更に、ポンプ部1は固定部のハウジング7と可動部のダイヤフラム9とを備えている。

電子ポリウム34と、この電子ポリウム34とこの電子ポリウム34から出力された信号を増幅して前記圧電アクチュエータ12に与える増幅器19とから構成されている。

第2図は、第1図の駆動回路24と制御回路25を詳しく示したものである。

駆動回路24の発振器18は、電灯線のAC100V50/60Hzを供給するトランス回路を用いている。電子ポリウム34は、ベース制御のQ1、Q2により構成され、第1トランジスタQ1のベースに加えられる制御電圧の大小により、第2トランジスタQ2を通過する交流信号の振幅を増減する。本実施例では、信号線のAC100Vが十分な強さであるため増幅器19を用いていない。

センサー駆動回路30は、整調回路35、検波回路36、増幅器37とからなり、整調回路35からセンサー27に高周波信号を送る。

センサー27は、これにより高周波電圧を発生し、ダイヤフラム9上の鉄板28はこの高周波電圧に

## 特開平3-168373(4)

影響を及ぼす。従って、図28が実現すると、変調回路35の高周波信号は振幅変調を受ける。この変調信号は、検波回路36を通ると、この変調成分だけが取出され、ダイヤフラム9の振幅に比例した信号となる。

この検波信号は、増幅器37を経て整流器31で完全な直流電圧とされる。

比較器32では、ダイヤフラム9の振幅に比例した前記直流電圧を、設定器33で予め設定した基準電圧とを比較し、これらの差を増幅して電子ボリウム34の制御信号とする。

そして

1、振幅に比例した直流電圧＜基準電圧ならば、ダイヤフラム9の振幅が大きくなり、流量を増大させているので、電子ボリウム34をしぼって駆動用交流信号の強さを減少させる。

2、振幅に比例した直流電圧＜基準電圧ならば、ダイヤフラム9の振幅が小さくなり、流量を減少させているので、電子ボリウム34を開いて交流信号の強さを増大させる。

各ピークホールド43・44は、リセット端を夫々持ち、第5図に示すように、リセット入力があるとホールドしたピーク値を消去し、所定の信号のピーク値をホールドする。

負側ピーク値は、インバータ45により反転された後、A/D40の第1入力へ、正側ピーク値は、そのまま第2A/D40の第2入力へ、又設定基準電圧は、第3入力へ夫々送られている。

A/D40の出力は、マイクロコンピュータ41に入力され、基準電圧との比較やその他演算が行われる。

交流発振器18は、オペアンプの帰還信号により周波数設定を行う形式であり、電子ボリウム34はマイクロコンピュータ41の演算結果により制御される。

マイクロコンピュータ41は、第6図のフローチャートに従って動作する。ステップS1で両ピークホールド43・44をリセットし、ステップS2では所定時間、ダイヤフラム9の振動の1周期以上待機する。ステップS3でA/D40にビ

3、振幅に比例した直流電圧＜基準電圧ならば、制御信号がゼロとなり、電子ボリウム34は変更されず、交流信号は変化しない。

ダイヤフラム9の振幅の変化量は、直接センサ27により検出するので、制御信号に波形の歪みや位相のズレが発生せず、遅れのないリアルタイムの流量制御が行われる。

なお、基準電圧を変更することにより、目標流量を任意に設定できる。

第3図、第4図にデジタル方式の第2実施例を説明する。

本実施例では、制御回路25にはピークホールド39、3回路のアナログ/デジタル変換器(A/D)40、マイクロコンピュータ41、デジタル設定器42を備えている。

第4図は、第3図を詳示するもので、ピークホールド39は2回路設けられ、検出信号波形の正側ピーク及び負側ピークを夫々ホールドする第1ピークホールド43、第2ピークホールド44からなる。

ピークホールド43・44の値を取り入れ、ステップS4で設定した基準電圧を入力する。

ステップS5で入力した振幅電圧と基準電圧とを比較する。

振幅電圧＜基準電圧ならステップS6に進み電子ボリウム34をしぼり、増幅期19へ入力する交流信号の強さを弱める。

次に、振幅電圧＝基準電圧ならステップS7に進み、電子ボリウム34の状態維持させる。

また、振幅電圧＞基準電圧ならステップS8に進み、電子ボリウム34を開き、増幅期19へ入力する交流信号の強さを強める。

これらステップS1～S8、S7、S8の処理は、循環して何回も行われ、例えば毎秒10回行う等する。

次に各実施例について、その効果を実証するための実験結果を以下に説明する。

第7図において、本発明の制御装置を用いて水槽中Aの水をパイプB中に逆流し、高さ100cmで排水する。その効果を明確にするために本発明

## 特開平3-168373 (5)

の駆動装置と従来の駆動装置とをスイッチSWで切り換える。

水を吐出すると水柱がパイプB中で次第に高くなり、圧電ポンプに対して負荷が増大する。水を100cm押し上げた状態では水頭圧=100 / となる。この負荷増に対してダイヤフラム9の振幅は減少しようとするが、それにより送水量も減少しようとする。

第8図に示すように本発明ではこの振幅減少量を補正するので、水頭が0から100cmに至るまで送水量は略0.61±2cc/secに安定している。従来の装置では、水頭0cmで1.00cc/secの送水量が、負荷増に伴い次第に減少し、水頭50cmで0.75cc/sec、水頭100cmで0.35cc/secとなり1.00cc-0.35cc=0.65ccも変動している。

なお、圧電ポンプは、拡大機構16を有して恒圧型圧電アクチュエータで直接ダイヤフラムを振動させるタイプでもよく、バイモルフ型のダイヤフラムそのものが電気で振動するタイプでもよい。

に安定化させると、圧送量が正確に定常化できる。圧電ポンプの負荷に変動があっても、この負荷に応じて即ちダイヤフラムの振幅の変化を防止するように動作するので、流量の安定化が可能となる。また、変位センサーが検出した変位信号には、ダイヤフラムの振動情報を正確に保持しており、液形の歪み変化や、位相のズレ等がなく、初期の遅れは全く発生しない。更に、ダイヤフラムの振幅の変化の有無のサンプリングを一秒間に10回以上行うので、負荷変動に伴うダイヤフラムの振幅変化を迅速に検出し、即ち補正を行うことができる。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の圧電ポンプの制御装置の第1実施例を示すブロック図、第2図は第1図の詳細を示す回路図、第3図は本発明の第2実施例を示すブロック図、第4図は第3図の詳細を示す回路図、第5図はピークホールドの原理を示す図、第6図は第2実施例のフローチャート、第7図は本発明の結果を実証するための実験の方法を示す図、第

なお更に、変位センサは高周波共振式に限られるものではなく、圧動トランス型や、やわらかい変位パネルにストレンゲージ(歪センサ)を貼着した型でもよい。

なお、基準電圧の設定はマイクロコンピュータ内で直接デジタル値として入力設定してもよい。  
(発明の効果)

以上説明してきたように、この発明によれば、圧電ポンプの可動部の機械振動を変位センサで直接検出し、この検出信号を検波して振幅に比例した直位電圧として、この直位電圧と予め設定した基準電圧と比較し、この比較結果に基づいて、可動部を駆動する交流信号の強度を制御するようにしたので可動部のダイヤフラムの振幅が安定化する。

これにより圧電ポンプの流量も安定化される。基準電圧を設定することにより、目標流量を設定できるので、正確な圧送量を確保できる。

ダイヤフラムの振幅は、圧電ポンプの圧送量を一義的に決定するので、ダイヤフラムの振幅を正確

8図は本発明の実験結果を示すグラフ図、第9図は従来のブロック図である。

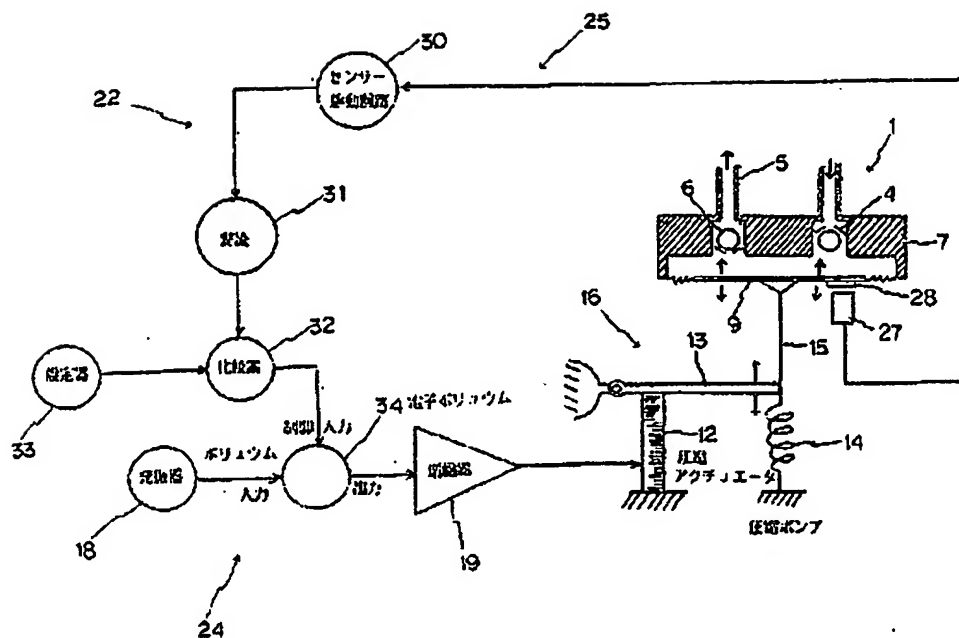
1-圧電ポンプ、9-ダイヤフラム、16-拡大機構、18-変位器、19-増幅器、22-駆動部、24-駆動回路、25-制御回路、27-変位センサー、28-検波、30-センサー駆動部、32-比較器、33-設定部、34-電子ポリウム、36-検波回路、39-ピークホールド、40-A/D変換器、41-マイクロコンピュータ

特許出願人 株式会社日本計器製作所

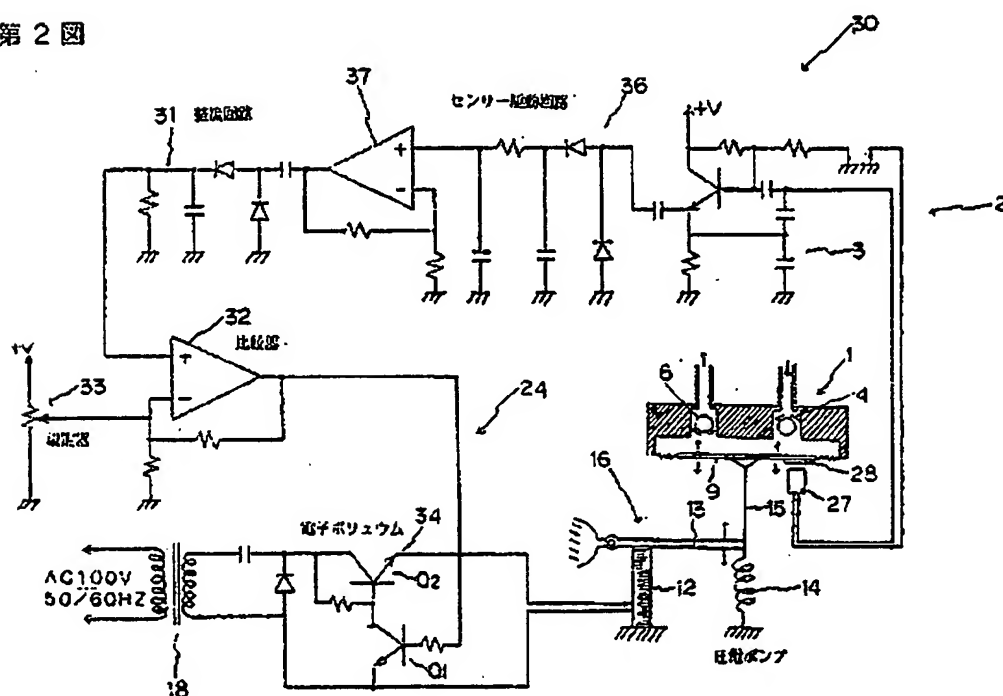
代理人 弁理士 中川 邦 雄

特開平3-168373 (6)

第 1 図



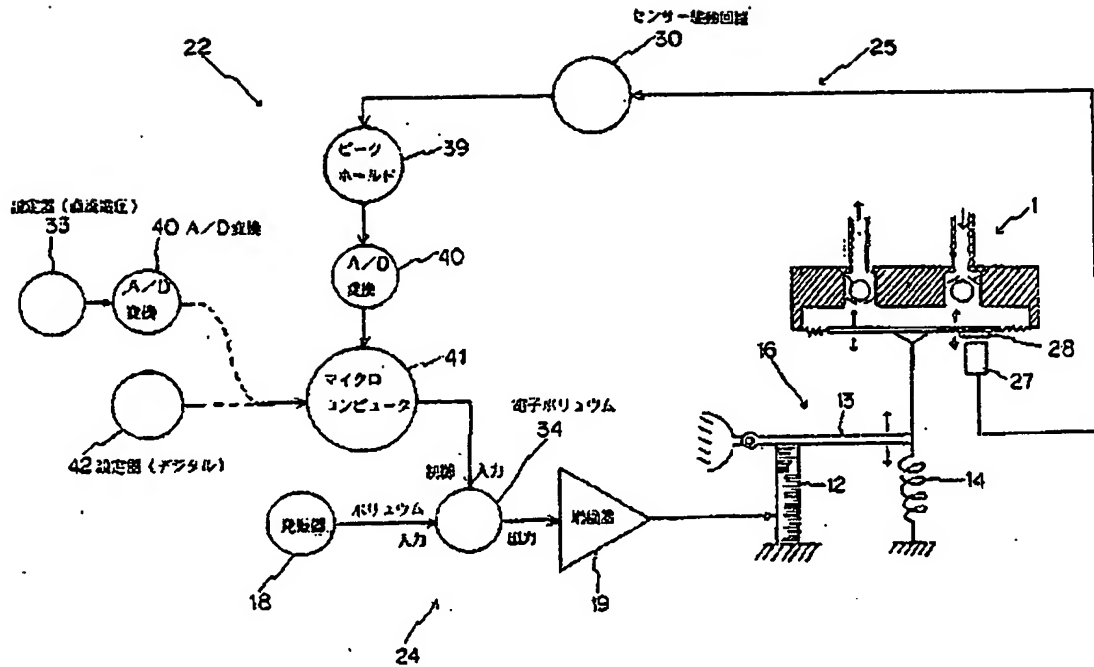
第 2 図



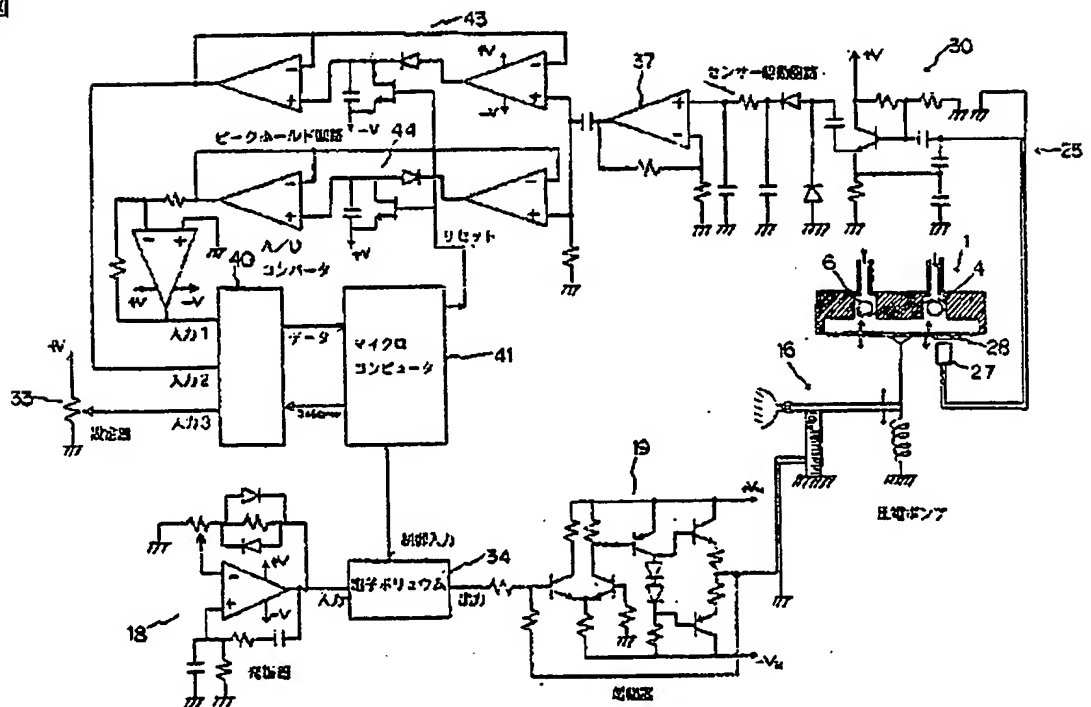


新 開 平 3-168373 (7)

第 3 図

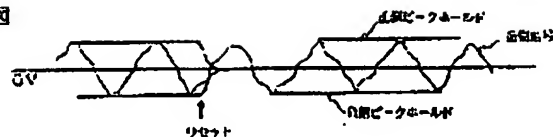


第 4 図

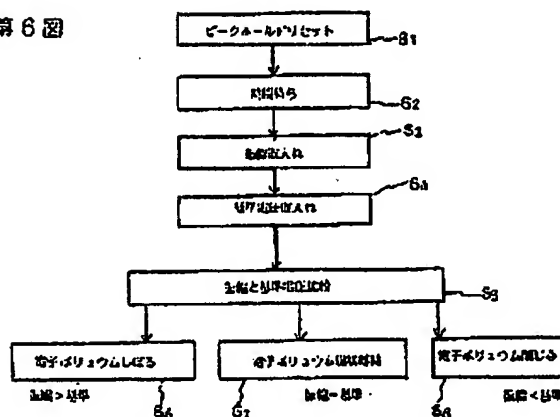


特開平3-168373 (8)

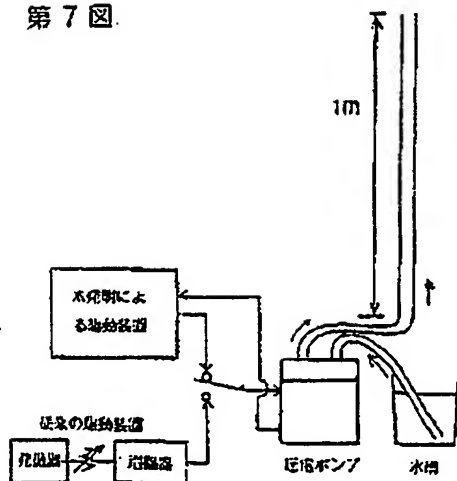
第5図



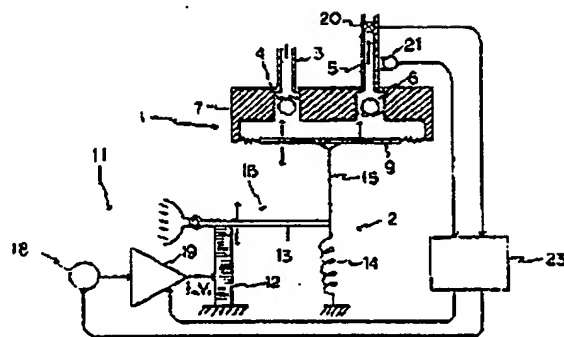
第6図



第7図



第9図



特開平3-168373(9)

第8図

